

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen

10/527268
Revised PCT/PTO 09 MAR 2005
PCT/SE 03/01455

#2

REC'D 02 OCT 2003

WIPO

PCT

Intyg Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande Plasma Surgical Svenska AB, Göteborg SE
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0202752-2
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2002-09-17
Date of filing

Stockholm, 2003-09-23

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office

Sonia André
Sonia André

Avgift
Fee

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

**PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET
SWEDEN**

Postadress/Adress
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 86
08-666 02 86

AWAPATENT AB

Kontor/Handläggare
Göteborg/Martin Kraenzmer
Maria Holm

Plasma Surgical Svenska AB

Ansökningsnr

Vår referens

SE-2026072

1

PLASMASPRUTNINGSANORDNING

Tekniskt område

Föreliggande uppfinning avser en plasmasprutningsanordning för att spruta material i pulverform, innefattande elektroder vilka bildar en plasmakanal med en inloppsände och en utloppsände, och ett organ för tillförsel av nämnda material i pulverform till nämnda plasmakanal. Uppfinningen avser även en metod för plasmasprutning. Slutligen avser uppfinningen även användning av en plasmasprutningsanordning för destruktion av pulverformigt material.

Teknisk bakgrund

Plasmasprutningsanordningar eller plasmatroner används för att vid låg effekt termiskt spruta pulvriserade material, till exempel för ytbeläggning av olika slag. Sådana anordningar innefattar generellt en katod, en anod och en plasmakanal bildad däremellan. Vid användning av anordningen alstras en ljusbåge i plasmakanalen, mellan anoden och katoden, varvid gas förs in i plasmakanalen för bildande av ett plasma. Plasmastrålen strömmar därmed genom plasmakanalen från en inloppsände vid katoden till en utloppsände vid anoden. Samtidigt tillförs pulvermaterial plasmastrålen för sprutning av det samma.

För tillförsel av pulvret används i dag endera av två alternativ.

Enligt det första alternativet införs pulvret i plasmakanalens utloppsområde, vid anoden. En fördel med detta alternativ är att plasmaflödet då pulvret tillförs är färdigt och har vissa bestämda egenskaper (temperatur, hastighet, snittyta, energi, etc.). Dessa egenskaper styrs bland annat av plasmakanalens geometri, den plasmaalstrande gas som används och den tillförda energin. En

ytterligare fördel med tillförsel av pulver vid anoden är att plasmaflödets uppvärmning inte kommer att påverkas av pulvermaterialets egenskaper.

Vanligast vid den här varianten av pulvertillförsel
5 är att tillföra pulvret vinkelrätt plasmaflödet. Pulverpartiklarnas bana ut från anodområdet, mot den yta som skall beläggas, kommer då till stor del att vara beroende av partiklarnas storlek och vikt. De tyngre och större partiklarna går direkt in i plasmastrålens högtemperaturzon medan de lättare når plasmastrålens centrum först i
10 relativt kalla zoner belägna relativt avlägset anoden. Detta innebär att en del av pulverpartiklarna riskerar att inte bli tillräckligt varma och dessutom att missa målet, dvs det föremål som till exempel skall beläggas
15 med pulvermaterialet.

Detta är till nackdel på grund av att en stor del av pulver materialet går till spillo, varför man får en låg materialanvändningskoefficient. Med andra ord skapas den pulversprutade beläggningen endast av en liten del av det
20 inmatade pulvret. Detta är särskilt störande när man använder dyra beläggningsmaterial. Problemet kan i viss mån åtgärdas genom användning av mer homogena pulver. Dessa har dock nackdelen att de är svåra att tillverka och därmed relativt dyra.

25 För att undvika problemen förknippade med vinkelrät införsel av pulver vid plasmakanalens utloppsområde, har man försökt att anordna en matarledning för vågrätt pulverinförande, vilken placeras direkt i plasmastrålen. En nackdel med detta är dock att det uppstår problem med
30 uppvärmningen av plasmaflödet, samt att plasmaflödets egenskaper störs kraftigt.

En ytterligare nackdel generellt förknippad med införsel av pulvermaterialet i anodområdet, vid plasmakanalens utlopp, är att hög energiåtgång krävs för att under
35 hålla plasmaflödets höga temperatur och specifika effekt (effekt per volymenhet), för att i sin tur erhålla en homogen beläggning. Detta antas bero på att plasmaflödet

vid plasmasprutningsanordningens utgång, där pulvertillförseln sker, har en temperatur- och hastighetsfördelning som är näst intill parabolisk. Temperatur- och hastighetsgradienten samt plasmaflödets värmeentalpi är därmed omvänt proportionella mot plasmastrålens diameter. För att öka homogeniteten på sprutbeläggningarna är det därför nödvändigt att öka plasmastrålens diameter, vilket kräver mycket energi.

US 3,145,287 och US 4,445,021 beskriver plasmasprutningsanordningar där pulvermaterialet införs i anodområdet, vid plasmakanalens utlopp.

Enligt ett andra känt alternativ för införsel av pulver sker denna vid plasmakanalens inlopp, vid katoden. I detta fall värms pulvret upp av ljusbågen samtidigt med den plasmaalstrande gasen. Katodområdet betraktas som en kall zon varför det är möjligt att tillföra pulvret i plasmaflödets centrum.

Vid tillförsel av gas vid katodområdet i en plasmakanal där en ljusbåge alstras vid fixerad urladdningsström, kommer en liten del av gasen att strömma in i den centrala delen av kanalen med hög temperatur medan den resterande delen av gasen strömmar längs med kanalväggarna och bildar ett kallt gasskikt mellan kanalväggarna och ljusbågen. I och med denna gasfördelning kommer endast en mindre del av det vid inloppet införda pulvret in i ljusbågen medan den större delen av pulvret strömmar i det kalla skiktet vid kanalväggarna. Detta resulterar i ojämnt uppvärmt pulver och i att processen blir svår att kontrollera. Dessutom riskerar kanalen och anoden att täppas igen av pulvret vilket följaktligen stör förutsättningarna för ett stabilt plasmaflöde.

Att söka öka massöverföringen till den centrala delen av kanalen genom ökning av gas- och pulverflödet är inte en framkomlig väg. Om gas- och pulverflödet ökas, medan strömmen hålles konstant, kommer nämligen ljusbågens diameter att minska, vilket ökar problemet med att pulvermaterial ansamlas i de kalla områdena längs kana-

lens väggar. Samtidigt minskar den tid under vilken de pulverpartiklar, som faktiskt hamnar i uppvärmningszonen, befinner sig där eftersom deras hastighet ökar. Även detta leder till kvalitetsförsämring hos processen. Således kan man inte öka mängden material i den varma zonen vid konstant ström. Ökning av strömmen medför i sin tur nackdelar vid såväl utformning som hantering av plasmasprutningsanordningen.

I US 5,225,652, US 5,332,885 och US 5,406,046 beskrivs plasmasprutningsanordningar med pulvertillförsel vid katoden.

Vid analys av plasmasprutningsprocesser har det visat sig att den bildade beläggningens egenskaper framför allt beror på pulvrets värmetillstånd och hastighet vid sprutningen. Med begreppet "värmetillstånd" menas i första hand materialets värmeprofil och aggregations-tillstånd. I plasmasprutningsanordningar enligt känd teknik är det, såsom beskrivits ovan, svårt att styra pulvrets värmetillstånd och hastighet.

20

Sammanfattning av uppfinningen

Ändamålet med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en förbättrad plasmasprutningsanordning för sprutning av pulvermaterial vid låg effekt vilken medger god kontroll över beläggningsegenskaperna samt god homogenitet. Uppfinningen skall även möjliggöra sprutning av beläggningar av material och föreningar som har skiljda egenskaper. Slutligen skall uppfinningen även kunna användas för nedbrytning av material i pulverform.

30 Detta ändamål uppnås enligt uppfinningen genom en anordning av det inledningsvis angivna slaget, i vilken nämnda organ för tillförsel av pulver är anordnat mellan en första sektion av nämnda elektroder belägen uppströms organet och en andra sektion av nämnda elektroder belägen nedströms organet, räknat i plasmakanalens plasmaströmningsriktning från inloppsände till utloppsände.

35

Pulvermaterialet tillföres därmed vare sig vid plasmakanalens inloppsände (katodände) eller utloppsände (anodände) utan någonstans längs kanalen, mellan två sektioner därav. Denna konstruktion gör det möjligt att styra plasmaflödets egenskaper både före och efter det att pulvret tillförs plasmaflödet och följaktligen att styra hastigheten och värmen hos partiklarna i pulvret på så sätt att önskade beläggningsegenskaper samt god homogenitet kan erhållas. Vidare möjliggör den uppfinningsenliga plasmasprutningsanordningen användning av en relativt liten diameter hos plasmakanalen, vilket leder till låg energiåtgång och låga arbetsströmmar.

Den sektion som ligger uppströms pulvertillförseln kan då lämpligen utnyttjas till att skapa optimala förhållanden i plasmaflödet så att materialet effektivt värms upp. Den sektion som är belägen nedströms pulvertillförseln medger kontroll av uppvärmningen av pulvermaterialet och pulvrets övriga karaktäristika såsom till exempel dess hastighet. På så sätt kan hög effektivitet och god kontroll av processen av plasmasprutningen erhållas.

Företrädesvis kan sektionen uppströms organet för tillförsel av pulver och sektionen nedströms organet för tillförsel av pulver vara så utformade att de, vid användning av plasmasprutningsanordningen åstadkommer skilda villkor i plasmakanalen.

Den första sektionen (uppströms pulvertillförseln) har till uppgift att värma upp plasmaflödet och ges sådan karaktäristik att den sedan kan sörja för effektiv och snabb uppvärmning av pulvret i kanalens tvärsnitt. Företrädesvis är den totala längden på alla elektroder i sektionen tillräckligt lång för full uppvärmning av gasen, dvs. så att önskad temperaturprofil uppnås. På detta vis minskas kraftigt den del av pulvret som annars riskerar att lägga sig på kanalväggarna på grund av att den inte blir tillräckligt varm.

- Vid den andra sektionen (nedströms pulvertillförseln) tillförs initialt extra energi för att kompensera den nedkylning av plasmat som uppträder eftersom pulvret vanligen förs in i kanalen tillsammans med en kall bärande gas. Vidare styrs energitillförseln vid den andra sektion så att önskade egenskaper hos plasmastrålen erhålls och även att pulvret uppnår den hastighet och värmenivå som är nödvändiga för att få erforderad adhesion, struktur och porositet i sprutbeläggningen.
- 10 Företrädesvis kan sektionerna bringas att åstadkomma olika villkor i plasmakanalen genom att minst en av följande parametrar skiljer sig åt mellan nämnda första och andra sektion: sektionens längd, antalet elektroder i sektionen och plasmakanalens geometri i sektionen.
- 15 Lämpligen kan ett flertal organ för tillförsel av pulver vara anordnat, där vart och ett av nämnda organ för tillförsel av pulver är anordnat mellan en sektion av nämnda elektroder belägen uppströms organet, och en sektion av nämnda elektroder belägen nedströms organet. Detta är särskilt lämpligt vid tillförsel av mer än en sorts pulver för sprutbeläggning. Således kan varje sorts pulver tillföras separat och de olika pulversorterna behöver inte förblandas, varvid önskat förhållande i tillförd mängd mellan de olika pulversorterna säkerställs.
- 20 Antalet elektroder i en sektion kan som minst vara en enda. Företrädesvis är dock antalet elektroder i åtminstone en sektion minst två. Detta är gynnsamt på grund av följande: Urladdningsströmmen i varje sektions kanal-del har samma värde. I ljusbågens centrum, längs plasmakanalens mittaxel, råder en temperatur T som är proportionell med förhållandet mellan urladdningsström I och plasmakanalens diameter d ($T=(I/d)$). För att öka temperaturnivån i plasmaflödet vid en sektions utgång med bibehållande av låg strömnivå, måste därmed tvärsnittet hos plasmakanalen, och därmed tvärsnittet hos den ljusbåge som värmer gasen minskas. Vid litet tvärsnitt på
- 35 ljusbågen har den elektriska fältstyrkan i kanalen ett högt värde och sektionens spänning kan vara flera gånger

värde och sektionens spänning kan vara flera gånger större än plasmats egen spänning för de vanligen använda typerna av plasmaalstrande gas.

Om det samtidigt krävs uppvärmning av ett relativt stort gasflöde för att effektivt uppvärma det pulver som införs efter denna sektion, måste kanalen ha en relativt stor längd. Det uppvärmda gasflödet måste nämligen, för att uppnå samma temperatur som ljusbågen har vid sitt centrum, passera en viss längd av plasmakanalen längs med plasmakanalens mittaxel, vilken längd motsvarar gasens uppvärmningssträcka. Om gasflödet ökar, ökar även gasens uppvärmningssträcka, vilket ger upphov till behovet av relativt stor längd hos plasmakanalen i sektionen.

Kombinationen av litet tvärsnitt på kanalen och stor längd hos densamma i sektionen ger således en hög fältstyrka på relativt lång längd, vilket leder till att det istället för en lång ljusbåge kan alstras två kortare, på varandra följande bågar. Sådana kortare bågar brinner vid en lägre spänning och ger inte någon effektiv gasuppvärmning till hög temperatur. Problemet med uppdelning av ljusbågen i kortare bågar förhindras genom att sektionen uppdelas på åtminstone två åtskilda, från varandra elektriskt isolerade elektroder. Antalet elektroder liksom varje elektrods längd är beroende av den önskade gasflödesnivån och gasstråletemperaturen vid sektionens utgång. Således kan plasmaanordningen konstrueras med relativt liten diameter hos plasmakanalen, vilket leder till låg energiåtgång och låga arbetsströmmar. Därmed kan sprutning vid låg effekt åstadkommas.

Vid vissa tillämpningar är det särskilt lämpligt att antalet elektroder i sektionen närmast plasmakanalens inloppsände är minst två, för att minska risken att ljusbågen uppdelas i två kortare ljusbågar.

För tillförsel av pulver i plasmakanalen bildar organet för tillförsel av pulver lämpligen ett utrymme bildande en vinkel på mindre än 90° mot en mittaxel hos plasmakanalen. Lämpligen kan nämnda utrymme bildas av ett

utsprång hos elektroden närmast uppströms organet vilken är anordnad på avstånd från ett urtag hos elektroden närmast nedströms organet.

Genom införsel av pulvret i en vinkel mindre än 90° mot en mittaxel hos plasmakanalen kan pulvret ledas till mitten av plasmat och riskerar inte att i lika stor utsträckning hamna på kanalväggarna.

Företrädesvis är nämnda utsprång koniskt och bildar en vinkel (α) mot plasmakanalens mittaxel, vilken vinkel (α) lämpligen är i intervallet $15-25^\circ$. Nämnda urtag kan då lämpligen vara koniskt och bildar en vinkel (β) mot plasmakanalens mittaxel, vilken företrädesvis är i intervallet $17-30^\circ$. Utsprånget anordnas därvid lämpligen på avstånd från urtaget, på så sätt att det är delvis inskjutet i detta varvid utrymmet för införande av pulver i vinkel mot plasmakanalens mittaxel bildas mellan utsprånget och urtaget. En särskilt lämplig form på nämnda utrymme erhålls om skillnaden mellan nämnda vinkel hos urtaget och nämnda vinkel hos utsprånget ($\beta - \alpha$) är $1,5^\circ$ till 5° .

På så sätt erhålls god införsel av pulvret i urladdningskanalen väsentligen längs dess centrumlinje.

Beroende på pulverslaget kan det införas exempelvis via en cirkulär ringöppning, via ett system med hål eller tangentiellt mot kanalens tvärsnitt. Tangentiell införsel ger upphov till virvlar, vilket är särskilt önskvärt för vissa typer av pulver.

Lämpligen är plasmakanalens diameter i åtminstone en sektion större än plasmakanalens diameter i sektionen uppströms nämnda sektion. Företrädesvis ökas kanaldiametern hos på varandra följande sektioner, så att plasmakanalens diameter i en sektion är större än plasmakanalens diameter i varje sektion belägen uppströms om nämnda sektion. Detta är fördelaktigt eftersom, varje gång pulver och bärargas tillförs, flödet ökar genom plasmakanalen. För att hastigheten i kanalen inte skall öka med det ökade flödet, och därmed minska uppvärmningstiden för plas-

man och pulvret, är det därför lämpligt att plasmakanalens diameter ökas.

Då den största elektriska fältstyrkan skapas vid katoden är det lämpligt att längden på elektroderna ökas med avståndet från katoden eftersom fältstyrkan minskar med avståndet från plasmakanalens inloppsände. Elektrod-
5 längden är därför företrädesvis liten i början för att öka mot sektionens slut. Företrädesvis är, i åtminstone en sektion, längden hos den mest uppströms belägna elektrod-
10 troden lika med plasmakanalens diameter vid nämnda mest uppströms belägna elektrod. Lämpligen kan alla elektrod-
längder bestämmas av $l_n = n \times d_{kanal}$, där l_n är längden hos elektrod n och n är elektrodens ordningsnummer i en sektion, räknat från plasmakanalens inloppsände. d_{kanal} är kanal-
15 diameter hos elektrod n . (l_1 är längden hos elektrod-
troden närmast plasmakanalens inloppsände, vars längd är lika med dess diameter, $l_1 = 1 \times d_{kanal}$.)

Lämpligen bildas plasmakanalen av ringformiga elektroder, vilka med fördel kan vara koaxiellt anordnade.

Uppfinningen avser även en metod för plasmasprutning
20 av material i pulverform, med användning av en plasmasprutningsanordning innefattande elektroder vilka bildar en plasmakanal med en inloppsände och en utloppsände. Vid metoden enligt uppfinningen tillförs pulvermaterial
25 plasmasprutningsanordningen vid åtminstone ett tillförselställe beläget mellan två sektioner av nämnda elektroder, vilka sektioner är belägna uppströms respektive nedströms tillförselstället.

Fördelarna med denna uppfinning gentemot känd teknik
30 motsvaras av de som beskrivits ovan i anslutning till anordningen.

Företrädesvis utnyttjas sektionen uppströms tillförselstället för att skapa erforderliga förhållanden i plasmaflödet. Vidare utnyttjas lämpligen sektionen ned-
35 ströms tillförselstället för kontroll av uppvärmning av pulvermaterialet och pulvrets övriga karakteristika.

Slutligen avser uppfinningen användning av anordningen enligt uppfinningen för destruktion av pulverformigt material. Vid destruktion av pulverformigt material tillförs detta anordningen, i vilken plasmat utnyttjas
5 för att destruera eller omvandla pulvermaterialet till nya ämnen. Detta utnyttjas i synnerhet för att destruera eller omvandla miljöfarliga eller på annat sätt skadliga ämnen.

Vid sådan destruktion kan lämpligen, utöver det pulverformiga material som skall destrueras, ytterligare pulverformigt material tillföras för neutralisering eller omvandling av det för destruktion ämnade pulverformiga materialet. Lämpligen tillförs det ytterligare materialet via ett annat organ för tillförsel av material än det för
15 destruktion ämnade materialet.

De goda möjligheterna att påverka karakteristika i plasmakanalen hos anordningen enligt föreliggande uppfinning gör den särskilt lämplig för användning för destruktion av skilda typer av material.

20

Kort beskrivning av figurerna

Uppfinningen kommer i fortsättningen att beskrivas ytterligare under hänvisning till bifogade schematiska figurer som i exemplifierande syfte visar för närvarande
25 föredragna utföringsformer av uppfinningen.

Figur 1 visar i genomskärning en första utföringsform av en plasmасprutningsanordning enligt uppfinningen med två tillförselorgan för pulver.

Figur 2 visar utföringsformen i figur 1 längs snittet II-II
30

Figur 3 visar i genomskärning andra utföringsform av en plasmасprutningsanordning enligt uppfinningen, i vilken kanalens tvärsnitt för varje sektion ökar med avståndet från katoden.

Figur 4a och 4b visar två varianter av tillförselorganet längs snittet IV-IV i figur 1.
35

Figur 5 visar en tredje variant av tillförselorgan längs snittet V-V i figur 1.

Figur 6 visar tvärsnittet VI-VI i figur 2.

Figur 7 visar ett parti från figur 1.

5

Beskrivning av föredragna utföringsformer

Figur 1 visar en utföringsform av en plasmasprutningsanordning enligt uppfinningen innefattande en katod 14, företrädesvis gjord av volfram innehållande lantan, vilken placeras i en katodhållare 16. Katodhållaren 16 har en inutiliggande kanal 17 som fungerar som tillförselorgan för plasmaalstrande gas G, samt som katodhållarens 16 kylare. Anordningen innefattar vidare ett antal koaxiellt anordnade, ringformiga elektroder 1, vilka bildar en plasmakanal 2. Plasmakanalen 2 sträcker sig från katoden 14 vid dess inloppsände 3, till en anod 15, anordnad vid dess utloppsände 4. Vid användning av anordningen alstras en elbåge mellan katoden 14 och anoden 15, vilken upphettar den plasmaalstrande gasen så att ett plasma bildas. Katodhållarens inutiliggande kanal 17 mynnar således i plasmakanalens inloppsände 3, varifrån plasma kommer att strömma genom kanalen för att mynna ut vid plasmakanalens utloppsände 4, belägen vid anoden 15.

Ett första organ 5 för tillförsel av ett första pulverformigt material PG1 är anordnat mellan en första sektion 6 av elektroder 1 belägen uppströms om tillförselorganet 5 och en andra sektion 7 av elektroder 1 belägen nedströms om tillförselorganet 5. Vidare är ett andra organ 9 för tillförsel av ett andra pulverformigt material PG2 anordnat mellan nämnda andra sektion 7 och en nedströms om denna belägen sektion 8 av elektroder 1.

Den första sektionen 6 utnyttjas för att värma upp den plasmaalstrande gasen G vilken tillförs via kanalen 17. Antalet elektroder i denna sektion 6 bestäms efter önskad uppvärmning av gasflödet, och innefattar här tre elektroder 1.

Den andra sektionen 7 utnyttjas dels för att påverka den plasmaalstrande gasen på lämpligt sätt inför införsel av det andra pulverformiga materialet PG2, dels för att ge det första pulverformiga materialet PG1 lämplig karaktistik. Den andra sektionen 7 innefattar här tre elektroder 1.

Slutligen utnyttjas den tredje, och i det här fallet sista sektionen 8 för att ge båda de pulverformiga materialen PG1 och PG2 lämpliga egenskaper för att sprutas mot en yta som skall beläggas från plasmasprutningsanordningens anod 15. I detta fall innefattar även den tredje sektionen 8 tre elektroder 1.

I alla sektionerna 6, 7, 8 är således i det här fallet antalet elektroder 1 minst lika med två, vilket minskar risken för uppkomst av dubbla elbågar i sektionen.

De pulverformiga materialen PG1 och PG2 tillförs lämpligen via det första 5 respektive det andra 9 organet för tillförsel av pulver med hjälp av varsin ström av en kall bärgas genom en första 18 respektive en andra matarledning 19. Organen för tillförsel av pulver 5, 9 är företrädesvis utformade på så sätt att den sista, mest nedströms belägna, elektroden 1 i sektionen 6 uppströms organet har ett utsprång 11, vilket här är koniskt och bildar en vinkel α med plasmakanalens mittaxel. (se figur 7). Den första, mest uppströms belägna, elektroden 1 i sektionen 7 nedströms organet 5 har ett urtag 12, vilket här är koniskt och bildar vinkeln β (se figur 7) mot kanalens mittaxel. Lämpliga vinklar är 15-25° för α och 17-30° för β . Termen koniskt används här generellt, som synes i figur 1 rör det sig i detta fall om en stympad kon. Denna utformning underlättar jämn tillförsel av pulvret till plasmaflödet.

Utsprånget 11 är delvis infört i urtaget 12, men anordnat på avstånd från detta så att ett utrymme 10 för pulvertillförsel bildas mellan utsprånget 11 och urtaget 12, vilket utrymme 10 bildar vinkel mot plasmakanalens 2 mittaxel.

I förbindelse med utrymmet 10 hörande till det första tillförselorganet 5 är en expansionskammare 20 anordnad till vilken pulvermaterial PG1 med bärgas förs. Pulvret föres in i plasmakanalen via öppningar 13. (Se figur 4a) En jämn fördelning av pulvret i kanalen uppnås här genom tillförsel av den pulvertransporterande gasen via öppningarna 13, vilka bildar spår riktade i vinkel relativt radier till plasmakanalen 2. Denna typ av införsel kallas här tangentiell införsel då den sker tangentiellt mot kanalens tvärsnitt, och utnyttjas för att alstra virvlar i pulvret vid införsel i kanalen 2. Enligt en andra utföringsvariant (figur 4b) tillförs pulvertransporterande gas plasmakanalen 2 via en smal cirkulär ringöppning 13'.

I förbindelse med det andra utrymmet hörande till det andra tillförselorganet 9 är likaså en expansionskammare 21 anordnad. I detta fall tillförs pulvertransporterande gas via ett system med jämnt fördelade hål 13'' i cirkel, vilka är ritade längs radier till plasmakanalen 2. (figur 5)

Givetvis kan formationen av öppningar 13 enligt någon av de utföringsformer som visas i figurerna 4a, 4b och 5 varieras mellan de olika tillförselorganen 5, 9, alltefter önskemål.

Plasmasprutningsanordningen innefattar i närmare detalj en elektriskt ledande cylindrisk kropp 22 på vilken en anoden 15 anordnas med hjälp av en elektriskt ledande bricka 23 och mutter 24. Kroppen 22 innehåller en dielektrisk hylsa 25. Katodhållaren 16 och den första elektroderna 1 i den första sektionen 6 anordnas i en andra dielektrisk hylsa 26. Som värmeskydd för hylsan 26 används en keramisk hylsa 27. För kylning av plasmasprutningsanordningen har kroppen 22 kanaler 28 (se figur 2) genom vilka kylvätska W ledes in till anoden 15. På vägen kylväs även elektroderna 1. Elektroderna 1 är inbördes förbundna via elektriskt isolerande och vattentäta packningar 29. En anodtätning 30 är likaså anordnad och kan vara av sam-

ma material som det som utnyttjas för de vattentäta packningarna 29. Vatten- och gastätning vid de rörliga kontaktytorna upprätthålls av tätningsringar 31, 32, 33.

Tättningskraft erhålles med skruvar 34 och en bricka 35.

- 5 Skruvarna 34 kopplas också till pluspolen på plasmasprutningsanordningens strömkälla. Strömkällans minuspol kopplas till katodhållaren 16. Huvuddelen av den plasmaalstrande gasen G tillförs via kanalen 17 i katodhållaren 16. Pulver och pulvertransporterande gas tillförs genom matarledningar 18, 19 till respektive pulvertillförselorgan 5, 9.

- Vid användning av den utföringsform av anordningen som visas i figur 1 föres först plasmaalstrande gas G in i plasmasprutningsanordningen via kanalen 17 till plasmakanalen 2. Samtidigt förs kylvätska W in genom kylkanalerna 28 för att säkerställa avkylning av plasmasprutningsanordningen. Efter det kopplas ett högspänningstriggningsystem på som initierar en urladdningsprocess i plasmasprutningsanordningens plasmakanal 2 och tändar en elbåge mellan katoden 14 och anoden 15. Därefter tillförs transporterande gas PG1 och PG2 genom matarledningarna 18, 19 varefter pulvertillförseln påbörjas via tillförselorganen 5, 9.

- 25 Vid avstängning stängs tillförseln av pulver först av. Därefter slås arbetsströmmen av och efter en viss tid stoppas tillförseln av den transporterande gasen och den plasmaalstrande gasen och till sist stängs kylsystemet av.

- 30 Vid optimala förhållanden är det möjligt att använda samma strömkälla för en uppsättning av olika plasmasprutningsanordningar vilka används för plasmasprutning av en rad olika beläggningar såsom keramer, material med hög smältpunkt, material med låg smältpunkt, slitstarka material osv. Vid användning av argon som plasmaalstrande gas 35 är det lämpligt att strömkällan har en stabil arbetsström på 10-40 A då plasmasprutningsanordningens arbetsspänning är 40-80 V. Plasmasprutningsanordningens arbetsspänning

är beroende av antalet sektioner och deras längder. Vid en gasförbrukning på 1-4 l/min och en uppvärmningstemperatur på 8000-12000 °C har kanalerna en diameter på företrädesvis 1-2 mm. Plasmaflödets effekt vid utgången från den första sektionen vid denna temperaturnivå bestäms av sektionens längd och för att eliminera risken för att dubbel ljusbåge skapas bör antalet elektroder i sektionen inte vara mindre än två.

I figur 3 visas ytterligare en utföringsform av en plasmasprutningsanordning enligt uppfinningen. De delar av denna som har motsvarigheter i den först beskrivna utföringsformen, avbildad i figur 1, har försetts med motsvarande hänvisningssiffror, och för dessas beskrivning hänvisas till ovanstående beskrivning av den första utföringsformen.

Den utföringsform som avbildas i figur 3 skiljer sig från den utföringsform som avbildas i figur 1 beträffande plasmakanalens 2 geometri. I detta fall ökar plasmakanalens 2 diameter för varje sektion, 6, 7, 8, dvs. så att efterliggande sektioner har större kanaldiameter än föreliggande sektioner. Med denna utformning minskar risken för att pulvermaterialet skall fastna på plasmakanalens innerväggar. Företrädesvis ökar diametern här enligt den formel som angivits ovan.

Generellt har kanaldiametern även stor inverkan på pulverpartiklarnas hastighet. Då de bildade beläggningarnas egenskaper till stor del beror av hastigheten vid kontakten med ytan som skall beläggas, kan kanaldiametern lämpligen varieras för att erhålla önskad effekt. En annan egenskap som starkt inverkar på de bildade beläggningarnas egenskaper är pulvrets temperatur, vilken såsom beskrivits ovan likaså kan regleras väl i anordningen enligt uppfinningen. Sammanfattningsvis är det möjligt att styra båda dessa egenskaper genom att välja lämpliga parametrar såsom längd och kanaldiameter i den sektion som är belägen uppströms pulvertillförseln respektive den sektion som är belägen nedströms pulvertillförseln.

PATENTKRAV

1. Plasmasprutningsanordning för att spruta material i pulverform, innefattande elektroder (1) vilka bildar en plasmakanal (2) med en inloppsände (3) och en utlopps-
5 ände (4), och ett organ (5) för tillförsel av nämnda material i pulverform till nämnda plasmakanal (2),
k ä n n e t e c k n a d av att nämnda organ (5) för tillförsel av pulver är anordnat mellan en första sektion (6)
10 av nämnda elektroder (1) belägen uppströms organet (5) och en andra sektion (7) av nämnda elektroder (1) belägen nedströms organet (5), räknat i plasmakanalens (2) plas-
maströmningsriktning.

15 2. Plasmasprutningsanordning enligt krav 1, varvid nämnda första sektion (6) och nämnda andra sektion (7) är så utformade att de, vid användning av plasmasprutningsanordningen åstadkommer skilda villkor i plasmakanalen (2).

20 3. Plasmasprutningsanordning enligt krav 1 eller 2, i vilken minst en av följande parametrar skiljer sig åt mellan nämnda första och andra sektion (6, 7): sektionens längd, antalet elektroder (1) i sektionen (6, 7) och
25 plasmakanalens (2) geometri i sektionen (6, 7).

30 4. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken ytterligare ett organ (9) för tillförsel av pulver är anordnat mellan en tredje sektion (8) av elektroder (1) och någon av nämnda första och andra sektioner (6, 7).

35 5. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken ett flertal organ (5, 9) för tillförsel av pulver är anordnade, vart och ett av nämnda organ (5, 9) för tillförsel av pulver är anordnat mellan en sektion av nämnda elektroder belägen uppströms organet

(6, 7) och en sektion av nämnda elektroder belägen nedströms (7, 8) organet (5, 9).

5 6. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken antalet elektroder (1) i åtminstone en sektion (6, 7, 8) är minst två.

10 7. Plasmasprutningsanordning enligt krav 6, i vilken antalet elektroder (1) i sektionen (6) närmast nämnda inloppsände (3) av plasmakanalen (2) är minst två.

15 8. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken organet (5, 9) för tillförsel av pulver bildar ett utrymme (10) för tillförsel av pulver i vinkel till en mittaxel hos plasmakanalen (2).

20 9. Plasmasprutningsanordning enligt krav 8, i vilken nämnda utrymme (10) bildas av ett utsprång (11) hos elektroden (1) närmast uppströms organet (5, 9) vilken är anordnad på avstånd från ett urtag (12) hos elektroden (1) närmast nedströms organet (5, 9).

25 10. Plasmasprutningsanordning enligt krav 9, i vilken nämnda utsprång (11) är koniskt och bildar en vinkel (α) mot plasmakanalens (2) mittaxel.

11. Plasmasprutningsanordning enligt krav 10, i vilken nämnda vinkel (α) är 15-25°.

30 12. Plasmasprutningsanordning enligt något av kraven 9 till 11, i vilken nämnda urtag (12) är koniskt och bildar en vinkel (β) mot plasmakanalens (2) mittaxel.

35 13. Plasmasprutningsanordning enligt krav 12, i vilken nämnda vinkel (β) är 17-30°.

14. Plasmasprutningsanordning enligt krav 10 och 12, i vilken skillnaden mellan nämnda vinkel hos urtaget (12) och nämnda vinkel hos utsprånget (11) ($\beta - \alpha$) är $1,5^\circ$ till 5° .

5

15. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken organet (5, 9) för tillförsel av pulver innefattar öppningar (13) riktade i vinkel mot plasmakanalens (2) mittaxel för tangentiell tillförsel av pulver.

10

16. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken plasmakanalens (2) diameter i en sektion (7) är större än plasmakanalens (2) diameter i sektionen uppströms (6) nämnda sektion (7).

15

17. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken plasmakanalens (2) diameter i åtminstone en sektion (8) är större än plasmakanalens (2) diameter i varje sektion (6, 7) belägen uppströms om nämnda sektion (8).

20

18. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken längden på elektroderna (1) ökas med avståndet från plasmakanalens (2) inloppsände (3).

25

19. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken, i åtminstone en sektion (6, 7, 8), längden hos den mest uppströms belägna elektroden (1) är lika med plasmakanalens (2) diameter i nämnda mest uppströms belägna elektrod (1) i nämnda sektion (6, 7, 8).

30

20. Plasmasprutningsanordning enligt krav 19, i vilken, i en sektion (6, 7, 8), längden på de elektroder (1) i sektionen (6, 7, 8), vilka är belägna nedströms nämnda mest uppströms belägna elektrod (1) beräknas med

35

$$l_n = n \times d_{kanal}$$

där l_n är längden hos elektrod n , n är elektrodens ordningsnummer i en sektion och d_{kanal} är plasmakanalens diameter i nämnda elektrod n .

- 5 21. Plasmasprutningsanordning enligt något av kraven 1 till 19, i vilken, i åtminstone en sektion (6, 7, 8), diametern hos plasmakanalen (2) varierar i nämnda sektion (6, 7, 8).
- 10 22. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, vilken vidare innefattar en katod (14), och en på avstånd från katoden (14), med den koaxiellt anordnad anod (15) mellan vilka, vid användning av nämnda anordning, en ljusbåge skapas in i vilken gas föres för
15 bildande av plasma, och nämnda elektroder (1) är anordnade mellan nämnda katod (14) och nämnda anod (15) bildande nämnda plasmakanal (2).
- 20 23. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken nämnda elektroder (1) är ringformiga.
- 25 24. Plasmasprutningsanordning enligt något av ovanstående krav, i vilken nämnda elektroder (1) är koaxiellt anordnade.
- 30 25. Metod för plasmasprutning av material i pulverform, med användning av en plasmasprutningsanordning innefattande elektroder (1) vilka bildar en plasmakanal (2)
35 med en inloppsände (3) och en utloppsände (4),
k ä n n e t e c k n a d a v
att pulvermaterial tillförs plasmasprutningsanordningen vid åtminstone ett tillförselställe beläget mellan två sektioner (6, 7) av nämnda elektroder (1), vilka sektioner (6, 7) är belägna uppströms respektive nedströms tillförselstället.

26. Metod för plasmasprutning av material i pulverform enligt krav 25, i vilken sektionen (6) uppströms tillförselstället utnyttjas för att skapa erforderliga förhållanden i plasmaflödet.

5

27. Metod för plasmasprutning av material i pulverform enligt krav 25 eller 26, i vilken sektionen (7) nedströms tillförselstället utnyttjas för kontroll av uppvärmning av pulverbaterialet och pulvrets övriga karakteristika.

10

28. Metod för plasmasprutning av material i pulverform enligt något av kraven 25 till 27, i vilken minst en av följande parametrar skiljer sig åt mellan nämnda uppströms belägna och nedströms belägna sektion (6, 7): sektionens (6, 7) längd, antalet elektroder (1) i sektionen och plasmakanalens (2) geometri i sektionen (6, 7).

15

29. Metod enligt något av kraven 25 till 28, i vilken pulvermaterial tillförs vid åtminstone två tillförselställena belägna mellan respektive två sektioner (6, 7; 7, 8) av nämnda elektroder (1), vilka sektioner (6, 7; 7, 8) är belägna uppströms respektive nedströms respektive tillförselställe.

20

30. Användning av anordning enligt något av kraven 1 till 24 för destruktion av pulverformigt material.

25

31. Användning av metod enligt något av kraven 25 till 29 för destruktion av pulverformigt material.

30

32. Användning enligt krav 31 av metod enligt något av kraven 25 till 29 för destruktion av pulverformigt material, vid vilken ytterligare pulverformigt material tillförs för neutralisering eller omvandling av det för destruktion ämnade pulverformiga materialet.

35

1/5

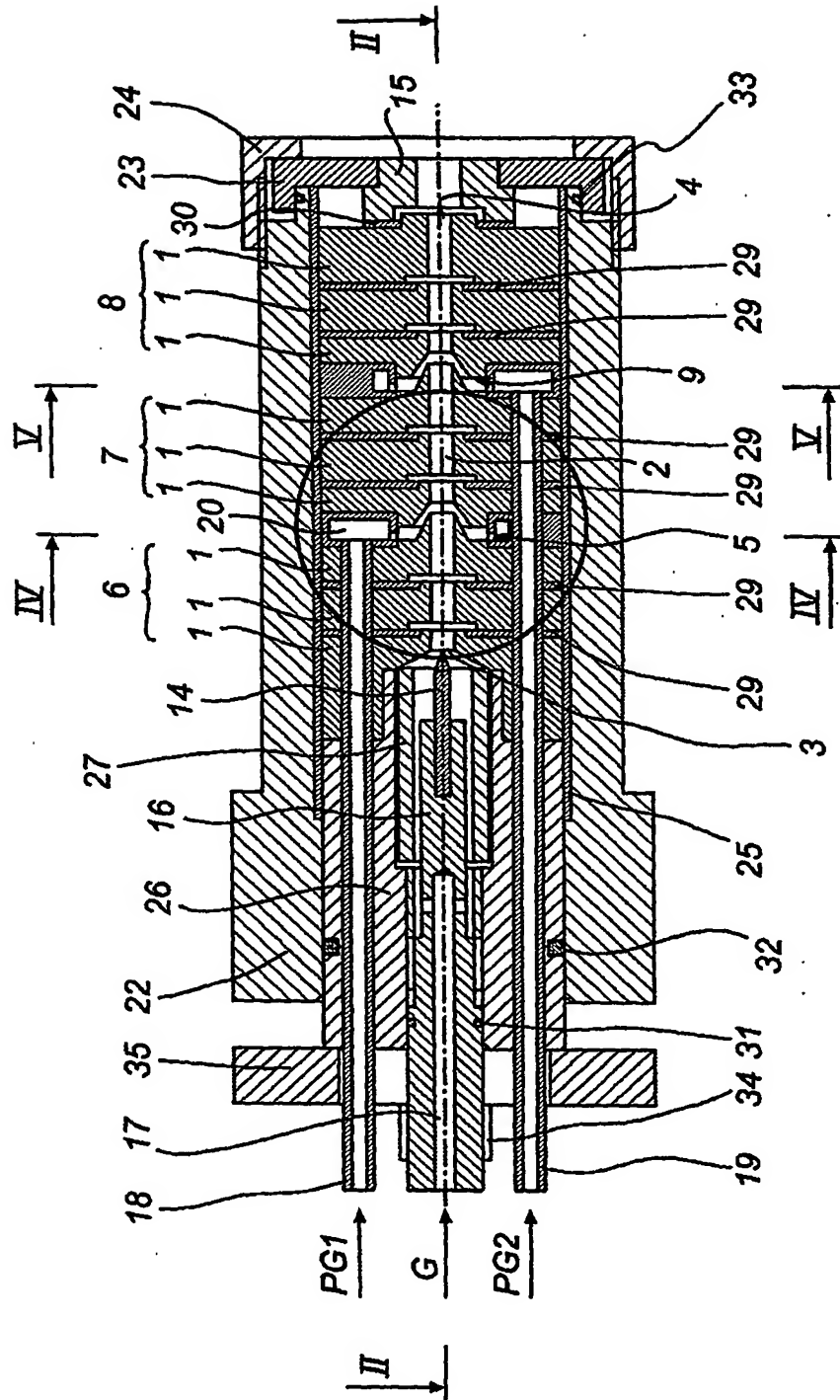


Fig. 1

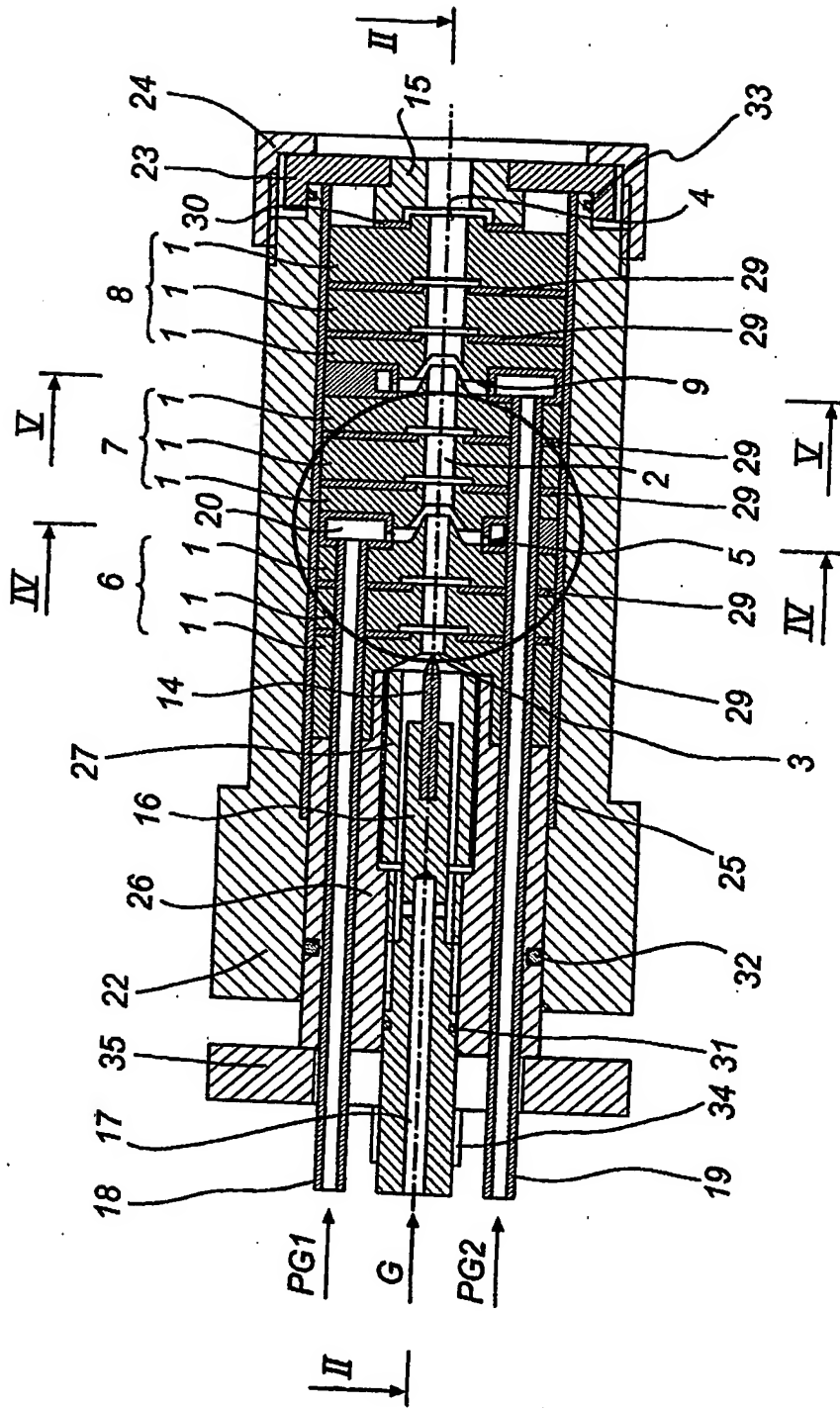


Fig. 3

4/5

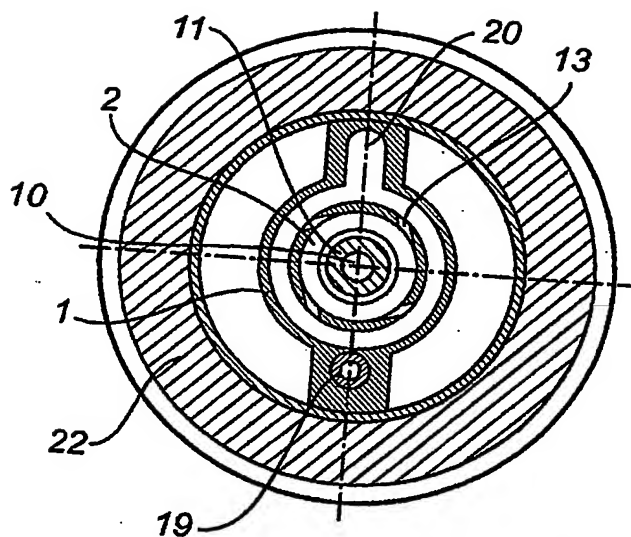


Fig. 4a

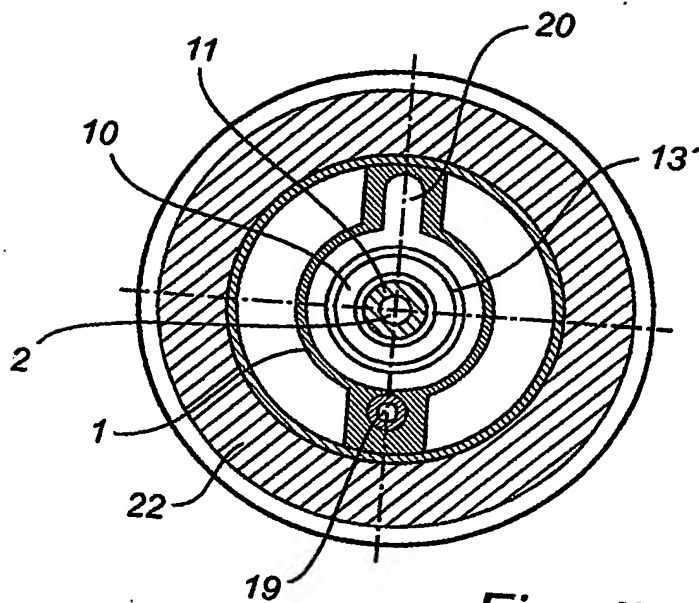


Fig. 4b

5/5

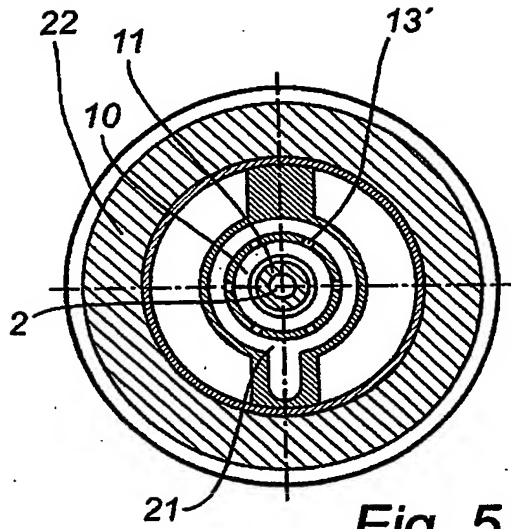


Fig. 5

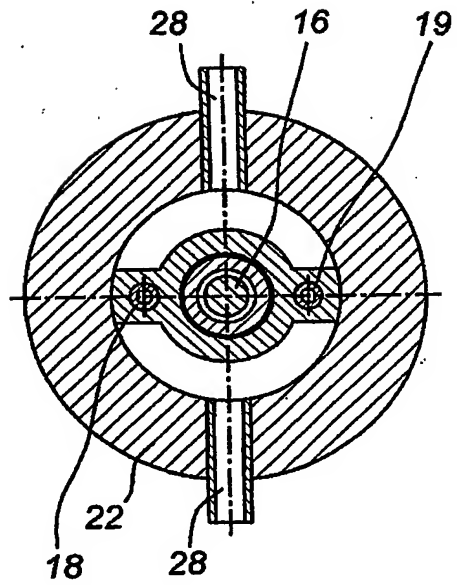


Fig. 6

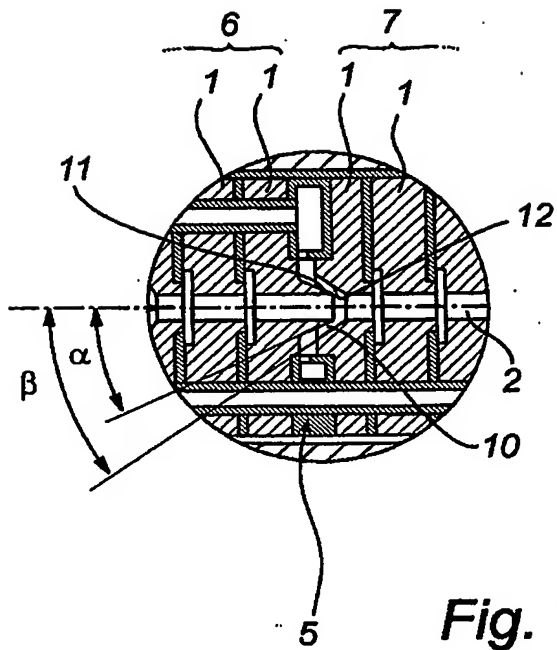


Fig. 7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.